

(C) WPI / DERWENT

AN - 2002-285252 [33]

AP - JP20000122547 20000424

CPY - ONOD

DC - L02

FS - CPI

IC - C04B35/19 ; C04B35/565 ; C04B35/584

MC - L02-A04 L02-J02C

PA - (ONOD) TAIHEIYO CEMENT CORP

PN - JP2001302338 A 20011031 DW200233 C04B35/19 008pp

PR - JP20000122547 20000424

XA - C2002-083794

XIC - C04B-035/19 ; C04B-035/565 ; C04B-035/584

AB - JP2001302338 NOVELTY - A composite ceramic comprises eucryptite, silicon nitride and/or silicon carbide. The ceramic has thermal expansion coefficient of $-1 \text{ multiply } 10^{-6}/\text{deg. C}$ to $1 \text{ multiply } 10^{-6}/\text{deg. C}$ at $10-40 \text{ deg. C}$ and Young's modulus of 130 GPa or more at room temperature.

- DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for manufacture of composite ceramic which involves forming cast by bake-processing 25-90 weight % of eucryptite, 10-75 wt.% of silicon nitride and/or silicon carbide at $1100-1550 \text{ deg. C}$ in vacuum or inert gas atmosphere.

- USE - For structure components such as precision machines, measurement machines and semiconductor manufacturing apparatus such as air slide, fixed board, vacuum device structure, susceptor, electrostatic chuck and mirror.

- ADVANTAGE - Young's modulus of the composite ceramic is increased and low heat-expansion characteristics of the composite ceramic is maintained by compounding eucryptite, silicon nitride, and/or silicon carbide. The composite ceramic is suitable for precision machines, measurement machines and semiconductor manufacturing apparatus, and has high industrial value.

- (Dwg.0/0)

IW - COMPOSITE CERAMIC STRUCTURE COMPONENT PRECISION MACHINE COMPRISE EUCRYPTITE SILICON NITRIDE SILICON CARBIDE PRESET THERMAL EXPAND COEFFICIENT YOUNG MODULUS

IKW - COMPOSITE CERAMIC STRUCTURE COMPONENT PRECISION MACHINE COMPRISE EUCRYPTITE SILICON NITRIDE SILICON CARBIDE PRESET THERMAL EXPAND COEFFICIENT YOUNG MODULUS

NC - 001

OPD - 2000-04-24

ORD - 2001-10-31

PAW - (ONOD) TAIHEIYO CEMENT CORP

TI - Composite ceramic for structure components such as precision machines, comprises eucryptite, silicon nitride and/or silicon carbide, and has preset thermal expansion coefficient and Young's modulus

DOCU SHARE

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-302338

(P2001-302338A)

(43) 公開日 平成13年10月31日 (2001. 10. 31)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テームト* (参考)
C 0 4 B 35/19		C 0 4 B 35/18	A 4 G 0 0 1
35/565		35/56	1 0 1 B 4 G 0 3 0
35/584		35/58	1 0 2 F

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-122547 (P2000-122547)

(22) 出願日 平成12年4月24日 (2000. 4. 24)

(71) 出願人 000000240

太平洋セメント株式会社

東京都千代田区西神田三丁目8番1号

(72) 発明者 酒巻 誠

東京都江東区清澄一丁目2番23号 太平洋
セメント株式会社中央研究所内

(72) 発明者 和田 千春

東京都江東区清澄一丁目2番23号 太平洋
セメント株式会社中央研究所内

(74) 代理人 100099944

弁理士 高山 宏志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合セラミックスおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 適用する部材に適切な低熱膨張特性およびヤング率の組み合わせを得ることができる複合セラミックスおよびその製造方法を提供すること。低熱膨張性と高剛性を兼備し、半導体製造装置、計測機器、精密機器などの構造部品に好適な複合セラミックスおよびその製造方法を提供すること。

【解決手段】 ユークリアタイトと窒化ケイ素および／または炭化ケイ素とからなり、室温でのヤング率が130 GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、または、室温でのヤング率が200 GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下である複合セラミックス。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ユークリプタイトと窒化ケイ素および／または炭化ケイ素とからなり、室温でのヤング率が130GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であること特徴とする複合セラミックス。

【請求項2】 ユークリプタイト25～90重量%、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素10～75重量%から実質的になることを特徴とする複合セラミックス。

【請求項3】 室温でのヤング率が130GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であること特徴とする請求項2に記載の複合セラミックス。

【請求項4】 ユークリプタイト25～90重量%、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素10～75重量%から実質的になる成形体を、真空または不活性ガス雰囲気中で1100～1550℃の温度で焼成することを特徴とする複合セラミックスの製造方法。

【請求項5】 ユークリプタイトと窒化ケイ素および／または炭化ケイ素とからなり、室温でのヤング率が200GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であること特徴とする複合セラミックス。

【請求項6】 ユークリプタイト5～60重量%、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素40～95重量%から実質的になることを特徴とする複合セラミックス。

【請求項7】 室温でのヤング率が200GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であること特徴とする請求項6に記載の複合セラミックス。

【請求項8】 ユークリプタイト5～60重量%、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素40～95重量%から実質的になる成形体を、真空または不活性ガス雰囲気中で1200～1700℃の温度で焼成することを特徴とする複合セラミックスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複合セラミックスおよびその製造方法に関し、特にエアスライド、定盤、真空装置構造体、サセプタ、静電チャック、ミラー、ステージなどといった半導体製造装置用、精密機器用、計測機器用などの各種構造部品に適した低熱膨張・高剛性の複合セラミックスおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来技術】半導体製造装置用、精密機器用、計測機器用などの部品として、近年、セラミックスが広く使用されるようになってきている。例えば、計測機器や半導体製造プロセスではアルミナや窒化ケイ素からなるエアスライドが、また半導体製造プロセスのシリコンウエハに配線を形成する工程においては、ウエハを支持または保

持するサセプタ、静電チャック、絶縁リング具などや露光装置のXYテーブル、ミラー等としてもアルミナや窒化ケイ素が広く用いられている。

【0003】このように上記用途にセラミックスが使用されるに至った理由は、金属などに比し熱膨張係数が小さく剛性が高いことに起因する。すなわち、これまで使用されてきた金属からなる部品の場合、熱膨張係数が極めて大きいため、僅かな温度差による部品の膨張収縮が、製品の精度に決定的な影響を及ぼすため使用することが困難となり、代ってセラミックスからなる部品が使用されるに至っている。

【0004】近年、この高精密化の流れはさらに加速しており、半導体製造プロセスなどにおいては、LSIなどにおける高集積化に伴い、回路の微細化が急速に進められ、その線幅もサブミクロンオーダーのレベルまで高精密化しつつある。例えばシリコンウエハに高精密回路を形成するための露光装置においては、露光装置のステージ用部材に100nm(0.1μm)以下の位置決め精度が要求され、露光の位置合わせ誤差が製品の品質向上や歩留まり向上に大きな影響を及ぼしているのが現状である。

【0005】半導体製造用として一般に用いられてきたアルミナ、窒化ケイ素などのセラミックスの室温付近における熱膨張係数はそれぞれ $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、 $1.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度であり、確かに金属よりは熱膨張係数が小さいものの、それでも雰囲気温度が0.1℃変化すると数100nm(0.1μm)の変形が発生することになる。露光等の精密な工程ではこの変化が大きな問題となっており、従来のセラミックスでは精度が低く生産性の低下をもたらしている。また、このような問題は、定盤やエアスライドなどの精密測定機器、計測機器などにおいても同様である。

【0006】これに対して、リチウムアルミノシリケート系の焼結体やマグネシウムアルミノシリケート系焼結体など、いわゆる低熱膨張セラミックスの場合、ゼロ膨張に近い低熱膨張性を示すため、例えば上述したような熱膨張に起因する露光精度の問題や、精密測定機器、計測機器における測定精度の問題は解決される。

【0007】しかし、例えば露光装置のステージのように、Siウエハを載置した支持体が露光処理を施す位置まで高速移動を伴うような場合には、移動後の支持体自体が所定位置に停止後も振動しており、そのために、その振動した状態で露光処理を施すと露光精度が低下するという問題があり、このような問題は、上述したリチウムアルミノシリケート系の焼結体やマグネシウムアルミノシリケート系焼結体などの低熱膨張セラミックスを用いても解決することはできない。このような傾向は、露光によって形成する配線幅が細くなるほど顕著であり、高微細な配線回路を形成する上では致命的な問題となる。

【0008】また、定盤やエアスライドなどの精密測定機器、計測機器などは、基本的構造が梁構造であるため自重変形による撓みが生じると計測機器としての精度低下をもたらす原因となるが、上述のようなリチウムアルミノシリケート系の焼結体やマグネシウムアルミノシリケート系統結体などの低熱膨張セラミックスを用いるとこのような問題が顕著なものとなってしまう。

【0009】このような振動や撓みは、部材自体の剛性（ヤング率）が低いことによって引き起こされるものであり、これらの部材に対しては高い剛性が要求されるが、リチウムアルミノシリケート系の焼結体やマグネシウムアルミノシリケート系統結体は熱膨張係数は小さいものの、剛性もまた小さいためこのような振動や撓みの問題に対応することができない。

【0010】以上のように、リチウムアルミノシリケート系統結体は熱膨張係数は小さいものの、剛性（ヤング率）が小さく、半導体製造装置用、精密機器用、計測機器用の部材としては用いることができない。また、上述したアルミナ、窒化ケイ素、炭化ケイ素などは剛性（ヤング率）は十分に大きい、上述したように熱膨張係数もまた大きい。このように、十分な低熱膨張性と高い剛性を兼備したセラミックスが望まれているが、このようなセラミックスは未だ得られていない。

【0011】また、精密測定機器や計測機器などでは、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度でも許容される用途があり、その場合には窒化ケイ素を用いればよいのであるが、窒化ケイ素のような単一材料では熱膨張特性とヤング率とを適切に調整することは不可能である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、適用する部材に適切な低熱膨張特性およびヤング率の組み合わせを得ることができ、複合セラミックスおよびその製造方法を提供することを目的とする。また、低熱膨張性と高剛性とを兼備し、半導体製造装置、計測機器、精密機器などの構造部品に好適な複合セラミックスおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記課題を解決すべく鋭意研究を重ねた結果、低熱膨張のユークリプタイトにヤング率の高い窒化ケイ素および／または炭化ケイ素を複合することにより優れた低熱膨張特性を維持しつつヤング率を大幅に高めることができること、およびこれらの割合を調整することにより、適用する部材に適切な低熱膨張特性およびヤング率の組み合わせが得られることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0014】すなわち、本発明は、第1に、ユークリプタイトと窒化ケイ素および／または炭化ケイ素とからなり、室温でのヤング率が130GPa以上、10～40

℃における熱膨張係数が $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であること特徴とする複合セラミックスを提供する。

【0015】本発明は、第2に、ユークリプタイト25～90重量%、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素10～75重量%から実質的になることを特徴とする複合セラミックスを提供する。

【0016】本発明は、第3に、上記第2において、室温でのヤング率が130GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であること特徴とする複合セラミックスを提供する。

【0017】本発明は、第4に、ユークリプタイト25～90重量%、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素10～75重量%から実質的になる成形体を、真空または不活性ガス雰囲気中で1100～1550℃の温度で焼成することを特徴とする複合セラミックスの製造方法を提供する。

【0018】本発明は、第5に、ユークリプタイトと窒化ケイ素および／または炭化ケイ素からなり、室温でのヤング率が200GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であること特徴とする複合セラミックス。

【0019】本発明は、第6に、ユークリプタイト5～60重量%、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素40～95重量%から実質的になることを特徴とする複合セラミックスを提供する。

【0020】本発明は、第7に、上記第6において、室温でのヤング率が200GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であること特徴とする複合セラミックスを提供する。

【0021】本発明は、第8に、ユークリプタイト5～60重量%、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素40～95重量%からなる成形体を、真空または不活性ガス雰囲気中で1200～1700℃の温度で焼成することを特徴とするセラミックスの製造方法を提供する。

【0022】本発明は、上述したように低熱膨張特性と高ヤング率とを兼備した複合セラミックスであるが、上記第1～第4の発明は、これらの中でヤング率よりも低熱膨張特性を重視した用途、例えば真空装置構造体や露光装置におけるステージやステージ位置測定用ミラー等の半導体製造用治具のうちでも特に精度が要求される用途に適しており、上記第5～第8の発明は、これらの中で低熱膨張特性は上記発明よりも若干劣っていてもよいが、ヤング率がさらに高いことが必要とされる用途、例えばエアスライド、定盤、スコヤ、ステージなどの精密測定機器用治具や計測機器用治具に適している。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明について詳細に説明する。本発明の第1の実施形態に係る複合セラミックスは、ユークリプタイトと窒化ケイ素および／または炭化

ケイ素とからなり、室温でのヤング率が130GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。

【0024】本実施形態の複合セラミックスは、真空装置構造体や露光装置におけるステージやステージ位置測定用ミラー等の半導体製造用治具のうちでも特に精度が要求される用途に適用することを意図するものであり、このような用途を考慮して熱膨張係数を $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とした。より好ましくは $0.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下である。

【0025】また、ヤング率が130GPa未満では、自重による撓み変形が大きくなって、要求される精度を満たすことが困難となり、セラミックスを用いる利点が損なわれる。より好ましくは150GPa以上である。

【0026】ユークリプタイトは、一般式 $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ で表され、焼結体を低熱膨張化するための重要な成分であり、窒化ケイ素、炭化ケイ素は、焼結体の剛性（ヤング率）を向上させる成分であるから、これらを複合化することにより、優れた低熱膨張特性を維持しつつヤング率を大幅に高めることができる。

【0027】本実施形態の複合セラミックスの組成は、ユークリプタイト25～90重量%、窒化ケイ素および/または炭化ケイ素10～75重量%から実質的になることが好ましい。このような組成にすることにより、上述の範囲の熱膨張係数およびヤング率を得やすくなる。さらに好ましくはユークリプタイト40～80重量%、窒化ケイ素および/または炭化ケイ素20～60重量%である。

【0028】ユークリプタイトの量が少なくなると熱膨張率が高くなる傾向にあり、ユークリプタイトが25重量%未満では上記範囲の熱膨張係数を得ることが困難となる。一方、ユークリプタイトが多くなるとヤング率が低くなる傾向にあり、ユークリプタイトが90重量%を超えると室温でのヤング率130GPa以上を得ることが困難となる。

【0029】また、窒化ケイ素、炭化ケイ素の量が10重量%未満では室温でのヤング率130GPa以上を得ることが困難となる。一方、窒化ケイ素および/または炭化ケイ素の量が多くなると熱膨張係数が大きくなり、その量が75重量%を超えると上記範囲の熱膨張係数を得ることが困難となる。なお、10～40℃における熱膨張係数は、窒化ケイ素が $1.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度であり、炭化ケイ素が $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度であるから、10～40℃における熱膨張係数が $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の範囲になる量は自ずから両者で異なっている。ユークリプタイトに窒化ケイ素のみを添加する場合には75重量%程度で $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の値が得られるが、炭化ケイ素のみを添加する場合には55重量%を超えると $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の値は困難となる。

【0030】本発明の複合セラミックスにおいて、ユー

クリプタイト粒子と窒化ケイ素粒子との界面および/またはユークリプタイト粒子と炭化ケイ素粒子との界面にはガラス相または結晶相として粒界相が存在してもよい。ただし、このような粒界相が量的に多すぎると、焼結体の熱膨張率が大きくなり、ユークリプタイトの優れた低熱膨張特性が発揮されないため好ましくない。

【0031】本実施形態の複合セラミックスを製造するためには、ユークリプタイト粉末を25～90重量%、好ましくは40～80重量%と、窒化ケイ素および/または炭化ケイ素粉末を10～75重量%、好ましくは20～60重量%の割合で秤量し配合する。このような比率で各粉末を配合した後、ボールミルなどにより十分に混合し、所定形状に所望の成形手段、例えば、金型プレス、冷間静水圧プレス、押出し成形等により任意の形状に成形後、焼成する。

【0032】焼成は、真空中またはAr、N₂などの不活性ガス雰囲気中で1100～1550℃、好ましくは1200～1400℃の温度範囲で1～10時間程度行う。このようにして焼結することにより焼結体を緻密化することができる。焼成温度が1100℃よりも低いと緻密化できず、1550℃を越えると、成形体が熔融する。また、大気などの酸化性雰囲気中で焼成すると、窒化ケイ素および/または炭化ケイ素が酸化されてしまい、ヤング率を高める効果が発揮されない。なお、適正焼成温度は組成に応じて変化し、窒化ケイ素および/または炭化ケイ素の量が増加するに従って上昇する。

【0033】次に、本発明の第2の実施形態について説明する。本発明の第2の実施形態に係る複合セラミックスは、ユークリプタイトと窒化ケイ素および/または炭化ケイ素とからなり、室温でのヤング率が200GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下である。

【0034】本実施形態の複合セラミックスは、低熱膨張特性は第1の実施形態よりも若干劣っていてもよいが、ヤング率がさらに高いことが必要とされる用途、例えばエアスライド、定盤、スコヤ、ステージなどの精密測定機器用治具や計測機器用治具に適用することを意図するものであり、このような用途を考慮して熱膨張係数を $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、ヤング率を200GPa以上とした。

【0035】本実施形態の複合セラミックスの組成は、ユークリプタイト5～55重量%、窒化ケイ素および/または炭化ケイ素45～95重量%から実質的になることが好ましい。このような組成にすることにより、上述の範囲の熱膨張係数およびヤング率を得やすくなる。さらに好ましくはユークリプタイト15～45重量%、窒化ケイ素および/または炭化ケイ素55～85重量%である。

【0036】上述したように、ユークリプタイトは、複合セラミックス焼結体を低熱膨張化するための重要な成

分であり、ユークリプタイトが5重量%未満では上記範囲の熱膨張係数を得ることが困難となる。一方、ユークリプタイトが多くなるとヤング率が低くなる傾向にあり、ユークリプタイトが55重量%を超えると室温でのヤング率200 GPa以上を得ることが困難となる。

【0037】また、窒化ケイ素、炭化ケイ素は、焼結体の剛性（ヤング率）を向上させる成分であり、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素の量が45重量%未満では室温でのヤング率200 GPa以上を得ることが困難となる。一方、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素の量が多くなると熱膨張係数が大きくなり、その量が95重量%を超えると上記範囲の熱膨張係数を得難くなる。なお、上述したように、10～40℃における窒化ケイ素の熱膨張係数は $1.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度であるから、窒化ケイ素単体でも $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下となるが、本発明では複合セラミックスを対象としており、窒化ケイ素単体の場合は含まない。また、炭化ケイ素の熱膨張係数は $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度であるから、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の範囲になる量は窒化ケイ素の場合とは異なっており、80重量%を超えると $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の値は困難となる。

【0038】本実施形態においても、ユークリプタイト粒子と窒化ケイ素粒子との界面および／またはユークリプタイト粒子と炭化ケイ素粒子との界面にはガラス相または結晶相として粒界相が存在してもよいが、このような粒界相が量的に多すぎると、焼結体の熱膨張率が大きくなってしまふ。

【0039】本実施形態の複合セラミックするを製造するためには、ユークリプタイト粉末を5～55重量%、好ましくは15～45重量%と、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素粉末を45～95重量%、好ましくは55～85重量%の割合で秤量し配合する。このような比率で各粉末を配合した後、ボールミルなどにより十分に混合し、所定形状に所望の成形手段、例えば、金型プレス、冷間静水圧プレス、押出し成形等により任意の形状に成形後、焼成する。

【0040】焼成は、真空中またはAr、N₂などの不活性ガス雰囲気中で1200～1700℃、好ましくは1250～1600℃の温度範囲で1～10時間程度行う。このようにして焼結することにより焼結体を緻密化することができる。焼成温度が1200℃よりも低いと緻密化できず、1700℃を越えると、成形体が溶融する。また、大気などの酸化性雰囲気中で焼成すると、窒化ケイ素および／または炭化ケイ素が酸化されてしまい、ヤング率を高める効果が発揮されない。なお、上述の第1の実施形態では窒化ケイ素および／または炭化ケイ素が最大でも75重量%であったので焼成温度の上限が1550℃であったが、本実施形態では窒化ケイ素および／または炭化ケイ素が95重量%が上限であり、適正焼成温度は高くなる傾向にあるので焼成温度の上限を17

00℃にしている。

【0041】ところで、撓みや振動の原因としては上述のようにヤング率が低いことが挙げられるが、金属材料は比較的大きなヤング率を有するにも関わらず、自重で撓んだり、高速移動の反転時などに慣性力が大きく振動が生じる。これは金属材料は比重が大きいため比剛性（ヤング率／比重）が小さいからである。比剛性が小さいものは、ヤング率が高くても振動の原因となったり、撓みの原因となるため好ましくない。その点、本発明の複合セラミックスは比重が小さいため、比剛性は比較的大きく、50 GPa以上の値を示すことが可能である。

【0042】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。まず、市販のユークリプタイト粉末を成形し、表1に示すように、1350℃で焼成することで直径50 mm、板厚4 mmの焼結体を得た。このセラミックスから3×4×15 mmのサンプルを取り出し、-40～100℃の範囲で熱膨張係数を測定した（測定装置：真空理工社製RIX-1）。このサンプルの10～40℃における熱膨張係数は表1に示すように $-0.53 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり、その結晶相はβユークリプタイトであった。また、超音波パルス法により、室温でのヤング率を測定したところ、ヤング率は表1に示すように100 GPaであり低剛性のものであった（試料No. 1）。

【0043】また、窒化ケイ素、炭化ケイ素のそれぞれの粉末を用い、成形体を表1の条件で焼成し同様の焼結体を得た。同様にして熱膨張係数およびヤング率を測定した結果、表1に示すように何れもヤング率は大いものの、熱膨張係数は窒化ケイ素が $1.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であり炭化ケイ素が $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であった（試料No. 2、3）。

【0044】次に、試料No. 1のユークリプタイト粉末に、試料No. 2の窒化ケイ素粉末または試料No. 3の炭化ケイ素粉末またはこれらの両方を表1に示す割合で添加し、ボールミルで24時間混合した後、1 t o n f / c m²の圧力で金型成形した。そして、その成形体を表1の条件で焼成して、10～40℃での熱膨張係数、室温でのヤング率を測定した。その結果を表1に示す。

【0045】表1の結果から明らかなように、ユークリプタイト焼結体である試料No. 1に窒化ケイ素および炭化ケイ素の少なくとも一方を添加した試料4～33は、試料1に比しヤング率が増大した。また、熱膨張係数も試料2、3よりも小さい値が得られた。

【0046】具体的には、ユークリプタイトが25～90重量%で窒化ケイ素が75～10重量%の試料No. 7～15、ユークリプタイトが50～90重量%で炭化ケイ素が50～10重量%の試料No. 19～24、ユークリプタイトが40～90重量%で窒化ケイ素および

炭化ケイ素が同量でそれぞれ30～5重量%の試料No. 28～33は、いずれも室温でのヤング率が130 GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $-1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ～ $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ を満足し、特に精度が要求される露光装置におけるステージやステージ位置測定用ミラー等の半導体製造用治具に適していることが確認された。

【0047】また、ユークリプタイトが5～60重量%で窒化ケイ素が95～40重量%の試料No. 4～11、ユークリプタイトが20～60重量%で炭化ケイ素が80～40重量%の試料No. 17～20、ユークリプタイトが20～60重量%で窒化ケイ素および炭化ケイ素が同量でそれぞれ40～20重量%の試料No. 26～30は、いずれも室温でのヤング率が200 GPa以上、10～40℃における熱膨張係数が $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下を満足し、エアスライド、定盤、スコヤ、ステージなどの精密測定機器用治具や計測機器用治具に適していることが確認された。

【0048】次に、上記試料No. 13および22と同様に、ユークリプタイト粉末75重量%にそれぞれ窒化ケイ素および炭化ケイ素を25重量%を加え、1050℃および1600℃で焼成した(試料No. 34～37)。また、ユークリプタイト粉末20重量%にそれぞれ窒化ケイ素および炭化ケイ素を80重量%を加え、1750℃で焼成した(試料No. 38～39)。その結果を表2に示す。

【0049】表2に示すように1050℃で焼成した試料No. 34, 35は緻密化することができずヤング率が低い値となった。一方、1600℃で焼成したNo. 36, 37、および1750℃で焼成した試料No. 38, 39は、その組成の適正焼成温度よりも焼成温度がかなり高いため熔融が見られ、熱膨張係数およびヤング率の測定を行うことができなかった。

【0050】

【表1】

試料 No	ユークリプタイト量 (重量%)	窒化ケイ素、炭化ケイ素量		焼成温度 (°C)	熱膨張係数 10~40°C ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	ヤング率 (GPa)
		窒化ケイ素量 (重量%)	炭化ケイ素量 (重量%)			
1	100	0	0	1350	-0.53	100
2	0	100	0	1800	1.5	300
3	0	0	100	2000	2.5	400
4	5	95	0	1700	1.4	286
5	10	90	0	1600	1.31	275
6	20	80	0	1450	1.1	251
7	25	75	0	1400	0.94	240
8	30	70	0	1350	0.81	234
9	40	60	0	1350	0.55	204
10	50	50	0	1300	0.29	185
11	60	40	0	1275	0.02	170
12	70	30	0	1250	-0.2	161
13	75	25	0	1250	-0.31	150
14	80	20	0	1250	-0.38	142
15	90	10	0	1150	-0.43	136
16	95	5	0	1150	-0.49	128
17	20	0	80	1450	1.95	324
18	40	0	60	1350	1.3	269
19	50	0	50	1300	0.93	248
20	60	0	40	1275	0.45	206
21	70	0	30	1250	0.15	184
22	75	0	25	1250	0.01	161
23	80	0	20	1250	-0.2	152
24	90	0	10	1150	-0.25	140
25	95	0	5	1150	-0.3	125
26	20	40	40	1500	1.6	291
27	30	35	35	1400	1.23	264
28	40	30	30	1350	0.93	240
29	50	25	25	1300	0.6	227
30	60	20	20	1275	0.27	204
31	70	15	15	1250	0.1	170
32	80	10	10	1250	-0.27	148
33	90	5	5	1200	-0.31	145

【0051】

【表2】

試料 No	ユークリプタイト量 (重量%)	窒化ケイ素、炭化ケイ素量		焼成温度 (°C)	熱膨張係数 10~40°C ($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	ヤング率 (GPa)	焼結状態
		窒化ケイ素量 (重量%)	炭化ケイ素量 (重量%)				
13	75	25	0	1250	-0.31	150	良好
22	75	0	25	1250	0.01	161	良好
34	75	25	0	1050	-0.08	59	緻密化せず
35	75	0	25	1050	-0.03	49	緻密化せず
36	75	25	0	1600	-	-	熔融
37	75	0	25	1600	-	-	熔融
38	20	80	0	1750	-	-	熔融
39	20	0	80	1750	-	-	熔融

【0052】

【発明の効果】以上詳述した通り、本発明によれば、低熱膨張のユークリプタイトにヤング率の高い窒化ケイ素および／または炭化ケイ素を複合することにより優れた低熱膨張特性を維持しつつヤング率を大幅に高めることができる。したがって、本発明の複合セラミックス

は、半導体製造装置用、精密機器用、計測機器用に適用することにより優れた特性を発揮し、その工業的価値は極めて高い。またユークリプタイトと窒化ケイ素および／または炭化ケイ素との割合を調整することにより、適用する部材に適切な低熱膨張特性およびヤング率の組み合わせを得ることができる。

フロントページの続き

Fターム(参考) 4G001 BA22 BA32 BA65 BB22 BB32
BB65 BC52 BD05 BD13
4G030 AA02 AA36 AA37 AA47 AA52
BA20 BA24 GA24 GA27 HA25